



Comune di Parma

Settore dei Lavori Pubblici

PARCO DUCALE: INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PESCHIERA E DELLE AREE CONTERMINI C.U.I. L00162210348202300043 - C.U.P. I95F21001060002



PROGETTAZIONE IDRAULICA

Ing. Riccardo Telò



PROGETTO



FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA



ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Arch. Emilia Pedrelli

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

CODICE

SCALA

PFTE.F

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO

Arch. Anna Ferrara

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	Agosto 2024	EMISSIONE	Prof. Bartoli	Dott. Irma	Ing.Telò
1	Ottobre 2024	REVISIONE	Ing. Benassi	Ing. Benassi	Ing.Telò



Comune di Parma

Parco Ducale: intervento di riqualificazione

della Peschiera e delle aree contermini

CUI L00162210348202300043 - CUP I95F21001060002

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PROGRAMMA OPERATIVO DELLE ANALISI BIOLOGICHE ED ECOSISTEMICHE DELLE INDAGINI CONDOTTE FINO AD OGGI	3
2.1. MATERIALI E METODI:.....	4
2.1.1. INDAGINI DI CAMPO:.....	4
2.1.2. INDAGINI DI LABORATORIO:.....	6
2.1.3. INCUBAZIONI E CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO:.....	6
3. RISULTATI PRELIMINARI	8
4. PROGRAMMA OPERATIVO DELLE ANALISI BIOLOGICHE ED ECOSISTEMICHE DELLE INDAGINI NEI PROSSIMI ANNI	10
5. ALLEGATI	11



Comune di Parma

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

1. PREMESSA

La caratterizzazione chimico-fisica delle acque della peschiera Ducale, dei processi metabolici a livello dei sedimenti e dei flussi di materia generati da macroorganismi come pesci e uccelli, rivestono un ruolo importante per conoscere il funzionamento di questo sistema acquatico. I laghi poco profondi, come nel caso della Peschiera del Parco Ducale, evolvono naturalmente per effetto dell'accumulo di sedimento e nutrienti verso sistemi eutrofici con acque torbide e ricche di fitoplancton, ma questa naturale forma di invecchiamento può essere accelerata da condizioni specifiche come la biomassa eccessiva di ittiofauna e avifauna rispetto alla capacità portante del sistema, in sinergia con apporti di nutrienti dalla cittadinanza, nella forma di cibo somministrato in eccesso agli organismi acquatici. Il miglioramento della qualità delle acque del sistema può essere ottenuto conoscendo anzitutto funzionamento e capacità portante, in modo da poter indirizzare una parte delle azioni di riqualificazione.

L'analisi del chimismo del sistema e la caratterizzazione del sedimento e della fauna hanno inoltre come obiettivi la valutazione dell'efficacia delle azioni correttive intraprese per il miglioramento della qualità dell'acqua, la formulazione di indicazioni a carattere gestionale finalizzate al mantenimento di un buono stato di qualità ambientale del sistema e la comprensione quantitativa delle principali cause di deterioramento dell'ecosistema acquatico.

2. PROGRAMMA OPERATIVO DELLE ANALISI BIOLOGICHE ED ECOSISTEMICHE DELLE INDAGINI CONDOTTE FINO AD OGGI

Al fine di completare il panorama conoscitivo della peschiera, si è reso necessario implementare delle indagini di natura ambientale ed ecologica che condurranno alla determinazione delle biocenosi di pesci, anfibi, rettili uccelli, fitoplancton, macroalghe e macrofite. L'analisi finale, risultato di un censimento delle specie animali e vegetali che si sono insediate nell'ecosistema e che costituiscono la comunità ecologica della peschiera, avrà una duplice finalità: la prima di carattere educativo (informare i cittadini della diversità biologica e della presenza di specie esotiche in un lago urbano) e la seconda relativa ai carichi dei nutrienti (azoto e fosforo) generati soprattutto dall'ittiofauna e dall'avifauna. In laghi di piccole dimensioni è opportuno minimizzare qualsiasi apporto di nutrienti che alimenta la crescita algale, riduce la trasparenza del sistema e impatta negativamente la qualità delle acque.

Per raggiungere queste conoscenze è stato attivato un programma pluriennale di indagini, verifiche ed analisi che nella prima parte del lavoro hanno guidato la progettazione, mentre quelle successive serviranno per comprendere i risultati ottenibili e soprattutto per guidare le opere gestionali.

Nel primo anno di attività è stato effettuato un prelievo dei sedimenti del lago in una griglia di stazioni finalizzato alla valutazione dello spessore attuale del sedimento recente e della sua reattività. Parte delle carote di sedimento raccolte sono state estruse e caratterizzate per i pool di inquinanti e di sostanza organica, parte sono invece state incubate in laboratorio per misure di respirazione batterica e di riciclo di nutrienti all'acqua (**Figura 1**).



FIGURA 1 DA SINISTRA A DESTRA: CAMPIONAMENTO DI SEDIMENTI INTATTI MEDIANTE INFISSIONE MANUALE DI TUBI DI PLEXIGLASS TRASPARENTI SUL FONDO, ASPETTO DEL SEDIMENTO DELLA PESCHIERA DUCALE, OSSIDATO E SENZA EVIDENTI STRATIFICAZIONI VERTICALI A SUGGERIRE FREQUENTI AZIONI DI RISOSPENSIONE, E APPARATO DI INCUBAZIONE DI CAROTE INTATTE PER MISURE DI FLUSSI BENTONICI.



Comune di Parma

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

Un'altra parte è stata poi inviata al laboratorio di analisi chimico fisiche e di cui si parla nella Relazione generale (*PFTE.B_Relazione Generale*). Queste misure hanno fornito informazioni relative al consumo dell'ossigeno dei sedimenti, al rischio di anossia in relazione alla temperatura dell'acqua e al carico interno rigenerato dai sedimenti. Esse rappresentano anche il riferimento di future attività di monitoraggio dei sedimenti per definire i tempi di successive opere di sfangamento.

È stato inoltre caratterizzato il chimismo dell'acqua del lago e dell'acqua che alimenta e che esce dal sistema, sempre nell'ottica di quantificare i carichi dei nutrienti in ingresso e in uscita. Allo stato attuale (Luglio 2024) queste indagini preliminari sono ancora in corso e si presume che esse possano terminare entro metà Ottobre, in coincidenza con la consegna del Progetto Esecutivo. Con i dati raccolti sarà possibile identificare una sorta di capacità portante del sistema rispetto agli organismi, ai carichi esterni ed interni e alle caratteristiche idrauliche del sistema e redigere un manuale di gestione ottimale del lago.

2.1. MATERIALI E METODI:

2.1.1. INDAGINI DI CAMPO:

I campionamenti sono stati effettuati mediante il prelievo di una quota d'acqua dello stagno (generalmente 1 L) e la successiva analisi chimica nel laboratorio di Ecologia delle Acque dell'Università di Parma. Il prelievo dell'acqua è stato effettuato mensilmente, in quattro punti lungo il perimetro della peschiera e nel punto di ingresso delle acque al lago come evidente in (**Figura 2**) mediante l'utilizzo di un campionatore manuale.

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI



FIGURA 2 MAPPA DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO DI ACQUE E FANGHI.

Parametri quali concentrazione e saturazione di ossigeno disciolto, conducibilità, temperatura, pH e potenziale di ossido riduzione sono stati misurati in situ in corrispondenza delle cinque stazioni di campionamento mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica (Eureka Manta +20).

I campioni di sedimento sono stati raccolti sia manualmente, mediante immersione, che mediante carotatore manuale dalla barca. I sedimenti sono raccolti mediante tubi trasparenti in plexiglass, di diametro 4 o 8 cm e altezza 20 o 40 cm, che consentono di mantenere indisturbata e di analizzare la sequenza verticale degli strati di sedimento accumulato (**Figura 3**).

In campo sono inoltre stati misurati mediante analizzatori portatili Li-Cor gli scambi di gas ad effetto serra (CO₂, CH₄ e N₂O) tra acqua e atmosfera. Sono state utilizzate in questo senso camere galleggianti in plexiglas trasparente, di varie dimensioni (30-100 cm di diametro, volume 4-12 L), collegante mediante tubi ai misuratori. Le misure di flussi di gas ad effetto serra tra acqua e atmosfera sono state effettuate in diversi punti del lago, analogamente ai campionamenti delle acque, al fine di valutare lo stato trofico (netta autotrofia o netta eterotrofia del sistema) e l'evoluzione stagionale dello stesso (**Figura 3**).

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

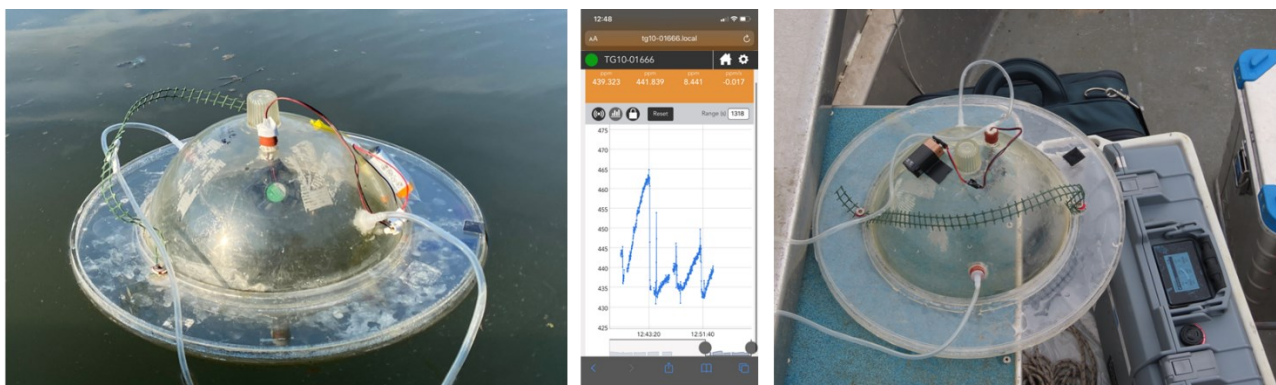


FIGURA 3 SISTEMA DI MISURA IN SITU DI FLUSSI DI GAS AD EFFETTO SERRA (CO₂, CH₄ E N₂O) PER LA VALUTAZIONE DELLA NETTA AUTOTROFIA O ETEROTROFIA DELLA PESCHIERA DUCALE. IL SISTEMA CONSISTE DI UNA CAMERA GALLEGGIANTE IN PLEXIGLASS TRASPARENTE, DI UN SISTEMA PORTATILE DI MISURA DEI GAS NELLO SPAZIO DI TESTA DELLA CAMERA STESSA E DI UNA APP CHE CONSENTE DI VISUALIZZARE IN TEMPO REALE LE CONCENTRAZIONI MISURATE.

Analisi in campo riguardano inoltre la valutazione della consistenza dell'ittiofauna e il conteggio dell'avifauna e di altri organismi, in modo da quantificare gli apporti di nutrienti che la componente biologica può trasferire alle acque mediante escrezione e il comportamento dei cittadini rispetto alla Peschiera e agli organismi in essa ospitati. Queste osservazioni sono state effettuate sia dagli operatori durante le fasi di campionamento che mediante analisi di immagini catturate mediante l'uso di un drone.

2.1.2. INDAGINI DI LABORATORIO:

I campioni di acqua, una volta raccolti, sono stati portati raffreddati in laboratorio dove sono state effettuate le analisi. Varie aliquote sono state trattate diversamente per fissare i campioni fino al momento dell'analisi. I nutrienti analizzati sono: Fosforo Reattivo Solubile (SRP), Silicati Reattivi Disciolti (DRSi), Nitrati (NO₃⁻), Nitriti (NO₂⁻), Ammonio (NH₄⁺). Inoltre, sono stati analizzati Alcalinità, Clorofilla-a (Chl-a) e spettro ionico. I metodi analitici utilizzati si suddividono in tre categorie: spettrofotometrici, volumetrici (titolazioni), cromatografici.

2.1.3. INCUBAZIONI E CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO:

Le carote intatte prelevate dalla Peschiera sono state trasferite e sommerse in vasche contenenti acqua della Peschiera stessa e munite di sistemi di agitazione. Le incubazioni sono state effettuate il giorno successivo al prelievo in modo tale da permettere ai gradienti chimici acqua-sedimento di ristabilirsi dopo l'inevitabile disturbo legato al campionamento. Le incubazioni prevedono il prelievo di campioni dalla colonna di acqua



Comune di Parma

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

sovrastante il sedimento in tempi successivi durante una incubazione al buio e la misura, con le tecniche precedentemente descritte, delle variazioni del chimismo in funzione del tempo di incubazione. Questo consente di calcolare gli scambi di ossigeno e nutrienti tra il comparto sedimentario e quello acquatico e di valutare in definitiva l'importanza del carico interno (sedimentario) nel mantenere condizioni eutrofiche nel sistema. Consente inoltre di valutare quanto ossigeno è consumato dai processi respiratori microbici nel sistema, informazione necessaria a valutare i tempi minimi e massimi di ricambio delle acque.

Al termine delle incubazioni i sedimenti sono estrusi, sezionati, essiccati, inceneriti ed analizzati per macro descrittori come la densità, la porosità, il contenuto di sostanza organica e dei nutrienti. Sono utilizzate tecniche gravimetriche e spettrofotometriche.

3. RISULTATI PRELIMINARI

Dai campionamenti effettuati al momento è possibile affermare che la qualità delle acque della peschiera Ducale, dal punto di vista chimico e biologico, è scarsa (**Figura 4**). Le acque sono particolarmente ricche di azoto totale, hanno tenori elevati di fosforo, sono ricche di fitoplancton e hanno bassa trasparenza. La scarsa qualità idrica sembrerebbe, da una comparazione sommaria tra i valori dei parametri misurati sull'acqua in ingresso (**Figura 5**) e su acqua presente in peschiera (**Figura 4**), imputabile a fattori esterni alla peschiera. Il fitoplancton e altre alghe filamentose adese alla parte interna del bordo perimetrale della peschiera rappresentano i principali produttori primari. Non sono state rinvenute macrofite sommerse in acqua, nonostante la loro presenza fosse massiccia fino a relativamente pochi anni fa. La scomparsa di piante radicate e la presenza di fitoplancton è un indicatore di scarsa penetrazione della luce e di eutrofizzazione. Alternativamente, o in sinergia, la mancanza di macrofite può essere imputata all'abbondanza di ittiofauna bentonica (carpe di grandi dimensioni, che oltre a nutrirsi di piante tendono a risospingere i sedimenti aumentando la torbidità). L'azoto totale, principalmente rappresentato da azoto nitrico in forma disciolta, classifica la peschiera Ducale come ambiente ipertrofico (estremamente produttivo).

	Stato trofico	TSI	Indice stato ecologico laghi
Clorofilla-a	Eutrofico	67/100	Classe 4
Trasparenza	Eutrofico	60/100	Classe 4
Azoto Totale	Ipertrofico	na	Classe 5
Fosforo Totale	Mesotrofico	61/100	Classe 3
Ossigeno Minimo	Mesotrofico	na	Classe 2

Secondo:

Carlson 1977 Trophic state Index (TSI), Vollenweider 1975 e APAT 2004
all. 1 del D. lgs. 152/99

FIGURA 4 CLASSIFICAZIONE PRELIMINARE DELLE ACQUE DELLA PESCHIERA DUCALE IN BASE AI PRIMI RISULTATI DELLE ANALISI LIMNOLOGICHE EFFETTUATE. IL QUADRO IN INIZIALE INDICA CHIARAMENTE CONDIZIONI DI SCARSA QUALITÀ, CARATTERIZZATE DA ALTI TENORI DI NUTRIENTI E FITOPLANCTON.

	T (°C)	DO (%)	SRP ($\mu\text{mol/L}$)	NO ₂ - ($\mu\text{mol/L}$)	TSS (mg/L)
Max	14.7	100.7	0.476577	0.91188	2
Min	13.7	72.7	0	0	0.16

FIGURA 5 VALORI DEI PARAMETRI MISURATI SULLE ACQUE IN INGRESSO PROVENIENTI DALLA FALDA



Comune di Parma

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

Le analisi dei sedimenti non evidenziano condizioni critiche dal punto di vista dei microinquinanti, che sono generalmente ai limiti di rilevazione o, se determinabili, riflettono caratteristiche specifiche del territorio e non rappresentano quindi forme di inquinamento. Il profilo verticale dei sedimenti non è apprezzabile e non si notano variazioni marcate del colore del substrato nell'orizzonte tra 0 e 15 cm di profondità. Il colore dei sedimenti è molto chiaro a indicare condizioni di buona ossidazione, favorite dalla frequente risospensione e dal contatto con acque ossigenate e ricche di azoto in forma nitrica. La risospensione è favorita dalla fauna ittica, prevalentemente rappresentata da ciprinidi di grandi dimensioni. I ciprinidi oltre a produrre deiezioni ricche di nutrienti ne favoriscono il riciclo dai sedimenti durante le fasi di ricerca del cibo, rappresentato anche da macroinvertebrati.

Anche l'avifauna è abbondante; sono stati contati in più occasioni oltre 50 anatidi (**Figura 6**). Questi organismi, alimentati dalla cittadinanza, rilasciano deiezioni ricche di fosforo direttamente in acqua e contribuiscono all'eutrofizzazione del sistema acquatico.



FIGURA 6 GRUPPO DI ANATIDI OSSERVATO - FOTO UTILIZZATA PER ENUMERAZIONE



Comune di Parma

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E
LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

4. PROGRAMMA OPERATIVO DELLE ANALISI BIOLOGICHE ED ECOSISTEMICHE DELLE INDAGINI NEI PROSSIMI ANNI

Le attività di monitoraggio precedentemente descritte saranno effettuate nel corso dell'intera durata del progetto in modo tale da poter valutare l'efficacia degli interventi e successivamente guidare le opere gestionali. Alle azioni di monitoraggio verranno affiancate attività a maggior carattere sperimentale, tese a valutare in modo comparativo gli effetti della sostituzione di ittiofauna bentonica con ittiofauna pelagica, l'effetto del trapianto di macrofite autoctone ossigenanti ed ombreggianti sulle dinamiche dei nutrienti, l'effetto delle norme comportamentali suggerite alla cittadinanza sui carichi dei nutrienti, e l'efficacia di un sistema integrato di monitoraggio in tempo reale mediante sensori collegato al sistema di alimentazione e ricircolo delle acque.

Le azioni di tipo sperimentale serviranno a capire le dinamiche fini di funzionamento di questo sistema, al fine di garantire un equilibrio tra le componenti biotiche, il chimismo delle acque, l'accumulo dei sedimenti, l'affermazione di una comunità diversificata di pesci e macrofite, buone condizioni di trasparenza e di qualità chimica delle acque.

La frequenza del monitoraggio delle acque sarà mensile e includerà i parametri precedentemente descritti (chimica delle acque, diversità biologica in senso lato).

Gli esperimenti riguarderanno la misura dei tassi di crescita, di produzione di ossigeno e di assimilazione dei nutrienti delle macrofite e del fitoplancton, i bilanci di massa ingresso-uscita di carbonio, azoto, silice e fosforo nelle forme disciolte e particellate, l'analisi del metabolismo bentonico e dei tassi di accumulo dei sedimenti, la misura dei flussi di gas ad effetto serra tra acqua ed atmosfera e la calibrazione del sistema di allerta per gestire l'alimentazione della peschiera sulla base del chimismo delle acque.

Le ipotesi di lavoro è che minori apporti di acqua, calibrati sulle esigenze metaboliche della peschiera, determineranno una diminuzione marcata dei carichi di nutrienti in ingresso, con effetti positivi sullo stato trofico del sistema (ed economici in termini di risparmio energetico). Il miglioramento della qualità delle acque sarà inoltre garantito da una diminuzione della biomassa complessiva dei pesci e dalle caratteristiche funzionali dei pesci pelagici, che non risospendono i sedimenti e mobilizzano i nutrienti in essi stoccati. Anche l'introduzione di macrofite autoctone determinerà uno shift all'interno della comunità di organismi fotosintetici, con esclusione del fitoplancton a vantaggio della trasparenza, dell'ossigenazione e del minore accumulo di sedimenti. Infine, si ritiene che il corretto trasferimento dei meccanismi di funzionamento e dell'equilibrio precario di questo sistema alla cittadinanza possa innescare meccanismi virtuosi che portino alla riduzione dell'immissione di specie esotiche dannose per l'ecosistema (e.g., tartarughe, siluri) e di cibo per avifauna e ittiofauna. La riduzione di queste pratiche ha solo risvolti positivi per la qualità chimica e biologica della peschiera.



Comune di Parma

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

PFTE.F – RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA E LIMNOLOGICA DI ACQUE E SEDIMENTI

5. ALLEGATI

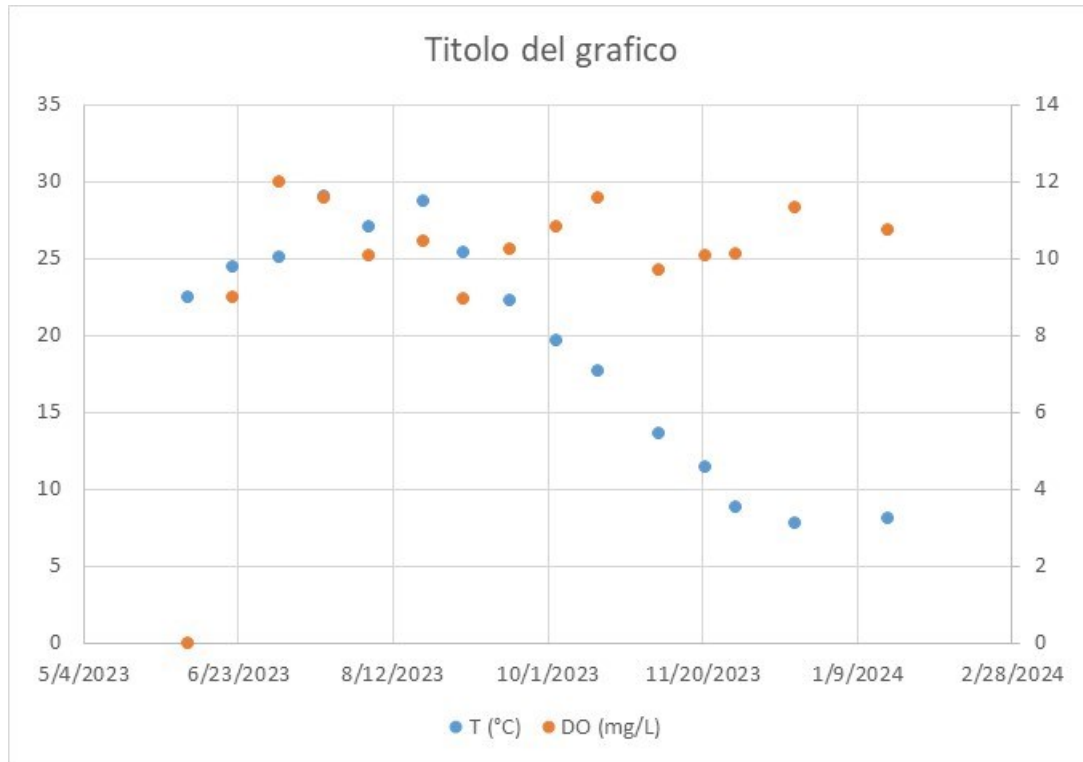


FIGURA 7 GRAFICO DI ANDAMENTO ANNUALE DI TEMPERATURA E OSSIGENO DISCIOLTO